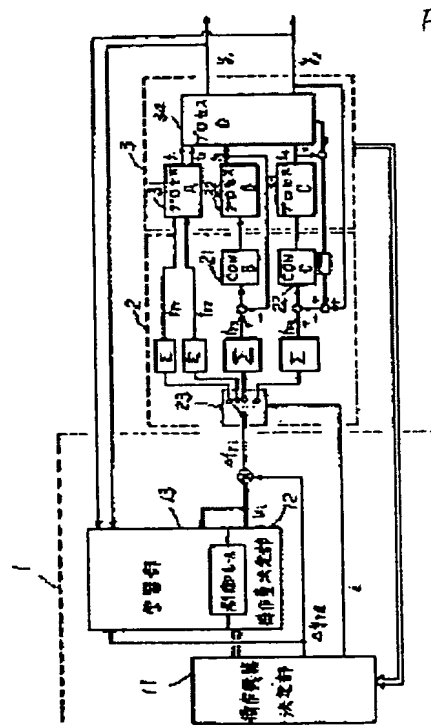


Ref. 3

**Report a data error here**

**PURPOSE:** To automate the process control operation, to save the labor of operation, to rationalize, to prevent the misoperation and to shorten the start/stop time of the plant by making consistent the changing quantity of the control quantity to the target value and correcting the control rule automatically.

**CONSTITUTION:** When a control rod is operated and generator outputs  $y_1$  and  $\Delta y_{r1}$  only are changed, an operation equipment determining part 11 selects the operation equipment and determines a changing quantity ' $y_{r1}$ ' of a control quantity  $y_1$ . An operation quantity determining part 12 determines an operation quantity  $m_{ui}$  by using the corresponding control rule and outputs  $\Delta A_{fr1}$  ( $=m_{ui}\Delta y_{r1}$ ) to a sub-loop control device 2, based upon the information such as the coordinates of a control rod (i) operated, the pulling-out position and the average pulling-out position unclear furnace output of the ambient control rod. As the result,  $f_{ri}$  is changed by  $\Delta A_{fri}$  only and a generator output  $y_1$  is changed by  $\Delta y_{r1}$  only. A learning part 13 corrects the control rule used for determining the operation quantity  $m_{ui}$  so that the deviation of  $\Delta y_{r1}$  and  $\Delta A_{fr1}$  can be smaller by the next operation based upon the operation quantity  $m_{ui}$ , a target quantity  $\Delta y_{r1}$  and the changing quantity  $\Delta y_{r1}$ .



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

## ⑪ 公開特許公報(A)

昭62-50901

⑫ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)3月5日

G 05 B 13/00  
11/328225-5H  
A-7740-5H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 プロセス制御装置

⑮ 特 願 昭60-189638

⑯ 出 願 昭60(1985)8月30日

⑰ 発 明 者 木 下 光 夫 日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内  
 ⑱ 発 明 者 佐 藤 隆 雄 日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内  
 ⑲ 発 明 者 丹 治 順 一 日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内  
 ⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
 ㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名

## 明 細 書

発明の名称 プロセス制御装置

## 特許請求の範囲

1. 複数の操作機器を有する系を統括して制御する装置において、操作機器の操作時期と制御量の変化量の目標値  $\Delta y_r$  とを決定する操作機器決定手段と、制御量の変化量  $\Delta y$  を前記目標値  $\Delta y_r$  に一致させるための操作量  $u$  を決定する操作量決定手段と、前記変化量  $\Delta y$  と前記目標値  $\Delta y_r$  との偏差が所定値以上のとき操作量  $u$  を前記偏差がより小さくなるように修正する学習手段を設けたことを特徴とするプロセス制御装置。<sup>13</sup>

## 発明の詳細な説明

## 〔発明の利用分野〕

本発明は、複数の操作機器を有する系を統括して制御する装置に係り、特に、制御量をその目標値に一致させるための操作量を適切に決定するのに好適なプロセス制御装置に関する。

## 〔発明の背景〕

従来技術として、計測自動制御学会論文集、第

20巻、第8号に記載された「自動学習ファジイコントローラ」がある。このコントローラは、第2図に示すように、制御量  $f$  をその設定値  $f_r$  に一致するように、直接フィードバック制御をするようになっている。学習部は、制御量  $f$  の動的な制御特性(安定性、速応性)が向上するように、操作量  $v$  の変化量  $\Delta v$  の計算に用いる制御ルールを修正するようになっている。しかし、このコントローラでは、設定値  $f_r$  をどのように変更するかについては記載されていない。本発明は、このような直接フィードバック制御装置を複数個有するシステムにおいて、これらの制御装置を統括してその設定値  $f_r$  を適切に変更するのに好適なプロセス制御装置に関する。このような機能は、従来、運転員がプロセスの状態変化に応じて適切に変更していた。

## 〔発明の目的〕

本発明の目的は、直接フィードバック制御装置や開ループ制御装置を複数個含む制御装置に対して、各制御装置の設定値  $f_r$  を適切に変更するの

に好適な間接フィードバック制御方式のプロセス制御装置を提供することである。

#### 〔発明の概要〕

本発明は、従来運転員が行ってきた操作をより簡単に自動化するためには、運転ノウハウを活用して操作機器（各制御装置の設定値）とそのときの操作量を決定する手段、及び運転員と同様に操作のやり方を学習していく手段が必要であることに着目して生まれたものである。

本発明の第1の特徴は、複数の制御装置の設定値  $f_i$  をプロセスの状態変化に応じて変更するため、操作機器（制御装置） $i$  の操作時期とその操作に伴い変化する制御量の変化量の目標値  $dy_k$  とを決定する操作機器決定手段と、制御量の変化量  $dy_k$  を前記目標値  $dy_k$  に一致させるための操作量  $u_i$  を決定し、各制御装置の設定値  $f_i$  を  $df_i (= u_i \cdot dy_k)$  だけ変更する操作量決定手段と共に、変化量  $dy_k$  とその目標値  $dy_k$  との偏差が所定値以上のとき、操作量  $u_i$  を修正する学習手段を設けたことである。ここで、操作量  $u_i$

ある。実際のプラントは、第1図に記載したプロセスより多くのプロセスがあり複雑であるが、ここでは、簡単のため代表的なプロセスのみ示してある。複数の制御装置を有するサブループ制御装置2において、21は再循環流量制御装置、22は給水流量制御装置である。 $f_{r1}$ 、 $f_{r2}$  は、制御棒引抜き位置の設定値、 $f_{r3}$  は再循環ポンプ速度設定値、 $f_{r4}$  は原子炉水位設定値である。  
 制御量  $y_k$  を直接連続的にフィードバック制御しない間接フィードバック制御方式の統括制御装置1は、 $f_{r1}$ 、 $f_{r2}$ 、 $f_{r3}$  などの各プロセスの設定値を  $df_i$  だけ変更するための信号を出力する。  
 11は  $f_{r1} \sim f_{r4}$  のうちのどれを変更するかを  $i$  を決定し、さらにそのときの制御量  $y_k$ （ここで、 $k$  は1または2）の変化量の目標値  $dy_k$  を決定する操作機器決定部である。12はそのときの操作量  $u_i$  を制御ルールを用いて決定する操作量決定部であり、設定値の変化量  $df_i$  は  $u_i$  と  $dy_k$  の積としてサブループ制御装置2に出力される。サブループ制御装置2では、 $df_i$

の修正量  $du_i$  は、操作量  $u_i$  と制御特性評価値  $P_k (= dy_k / dy_{k-1})$  との積に比例した値とし、操作量  $u_i$  をある目標とする値に収束させるためにその比例ゲイン  $g$  を0～1の間の値とする。

本発明の第2の特徴は、操作量  $u_i$  をある目標とする値により速く収束させ、かつ、観測ノイズの影響を低減するため、前記制御特性評価値  $P_k$  の大きさに応じて上記比例ゲイン  $g$  を変更するようにしたことである。

#### 〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を第1図により説明する。第1図において、1は本発明の主要部である統括制御装置、2はサブループ制御装置、3は複数のプロセスからなるプラントである。沸騰水形原子力発電プラントで言えば、例えば、プロセスA31は制御棒駆動系、プロセスB32は再循環系、プロセスC33は給水系、プロセスD34は原子炉と発電機系である。 $f_1$ 、 $f_2$  は制御棒の引抜き位置、 $f_3$  は再循環ポンプ速度、 $f_4$  は給水流量、 $y_1$  は発電機出力、 $y_2$  は原子炉水位で

の信号を入力すると、対応する設定値  $f_i$  を  $df_i$  だけ変更する。この結果、プロセスの状態が変化し、対応する制御量  $y_k$  が  $dy_k$  だけ変化する。  
 3は、このときの制御量の変化量  $dy_k$  とその目標値  $dy_k$  値の差が、より小さくなるように操作量  $u_i$  の決定に使った制御ルールを修正するための学習部である。例えば、制御棒を操作して発電機出力  $y_1$  を  $dy_{r1}$  だけ変更する場合を想定すると、操作機器決定部11で、操作機器が選択され（ $i$  が1または2）、制御量  $y_1$  の変化量  $dy_{r1}$ （ $k=1$ ）が決定される。操作量決定部12では、操作する制御棒  $i$  の座標、その引抜き位置、周辺の制御棒の平均引抜き位置、原子炉出力などの情報に基づいて、対応する制御ルールを用いて操作量  $u_i$  を決定し、 $df_i (= u_i \cdot dy_{r1})$  をサブループ制御装置2に出力する。この結果、 $f_i$  が  $df_i$  だけ変化し、発電機出力  $y_1$  が  $dy_1$  だけ変化する。学習部13では、操作量  $u_i$ 、目標値  $dy_{r1}$ 、変化量  $dy_1$  に基づいて、次の操作では、 $dy_1$  と  $dy_{r1}$  との偏差がより小さくなるように操作量

$u_i$  の決定に使用した制御ルールを修正する。以上は、本発明の概要である。以下、詳細に説明する。

操作機器決定部 11 には、次のような運転ルールが記憶されている。

ルール # 42

```

IF (ブレークポイントが出力上昇)
  (出力偏差が基準値以上)
THEN (制御棒 i の引抜きを開始する)
      (目標値  $dy_i$  は 0.5%)
  
```

ルール # 45

```

IF (ブレークポイントが再循環系による出力
  上昇)
  (出力偏差が基準値以上)
THEN (再循環量を変更する。i は 3)
      (目標値  $dy_i$  は 0.5%)
  
```

操作機器決定部 11 では、プロセスの状態変化に応じてこのような運転ルールを適用して、 $dy_k$  と  $i$  を決定する。

する方法を、第 3 図を用いて簡単に説明する。第 3 図に示したルールは、上記したルールの条件を 2 つだけ取り出した、説明のため簡略化したルールである。制御棒引抜きシーケンスと制御棒パターンより操作する制御棒  $i$  の座標、その引抜き位置  $i$  がわかるので現在の  $x_1, x_2$  の値  $x_{10}, x_{20}$  が定まる。

ルール # (j) の条件 1 が満たされる度合  $\mu_{j1}$ 、条件 2 が満たされる度合  $\mu_{j2}$  などを計算し、その最小値  $\mu_j$  をルール # (j) のメンバーシップ値とする。操作量は  $u_j$  とする。そして、このようなルールが複数個あるので、各ルールが満たされる度合  $\mu_j$  と操作量  $u_j$  の重みつき平均値をとって、制御棒の操作量  $u$ 、すなわち  $u_i$  を決定する。そして、実際の引抜き量  $dfr_i$  を  $u$  と  $dy_{ri}$  の積として出力し、プロセスの状態を変更する。

次に、学習部 13 の動作を第 4 図を用いて説明する。プロセスの状態が変化することにより、制御量  $y_k$  が  $dy_k$  だけ変化したとする。学習部 13 では、その変化量  $dy_k$  を計算し、制御特性評価値

次に、操作量決定部 12 の動作を説明する。操作量決定に使用する制御ルールは、例えば、制御棒の操作に関する場合次のようになる。

制御ルール # (j)

```

IF (制御棒の座標は周辺 (x1 is PB))
  (引抜き位置は上部 (x2 is PS))
  (周辺制御棒の平均引抜き位置は上部
   (x3 is PS))
  (伊出力は低い (x4 is PS))
THEN (操作量 u は約 10 ノット / % (u is Q10))
  
```

制御ルール # (j+1)

```

IF (x1 is PM)
  (x2 is PS)
  (x3 is PS)
  (x4 is PS)
THEN (u is Q5)
  
```

ここで、PB は Positive Big, PS は Positive Small を意味する。

このような制御ルールを用いて操作量  $u_i$  を決定

$P_k (= dy_k / dy_k - 1)$  を計算する。 $P_k$  が 0 であれば、変化量  $dy_k$  がその目標値  $dy_k$  と一致したので、操作量  $u_i$  が適切であつたことを示している。 $P_k$  の絶対値が大きければ、制御ルールの操作量  $u_j$  が不適切であつたことになるので、 $u_j$  を修正する。操作量  $u$  (または  $u_i$ ) の修正量  $du$  をここでは、次のようにする。

$$du = \epsilon u (dy_k / dy_k - 1) = \epsilon u P_k \quad \dots(1)$$

ここで、 $x_{10}, x_{20}, \dots$  などのプロセスの状態が同一のとき、 $u$  をある目標とする値に収束させるため、 $\epsilon$  を 0~1 の間とする。また、操作量  $u$  は、幾つかのルールに基づいて決定したので、各ルールの修正量  $du_j$  を操作量  $u$  の決定に寄与した度合 (メンバーシップ  $\mu_j$ ) に比例した値とする。その結果、 $du_j$  は次のようになる。

$$du_j = \epsilon u P_k \mu_j \sum \mu_j / \sum \mu_j^2 \quad \dots(2)$$

ここで、 $\epsilon$  は  $P_k$  の大きさに応じて変更する。その理由は、次のようである。 $P_k$  の絶対値が大きければ、明らかに  $u_j$  は不適切であつたと考えら

れるので、 $\epsilon$ を大にして、 $u_j$ の修正量 $\Delta u_j$ を大にする。一方、 $P_k$ の絶対値が小であれば、 $\Delta y_k$ を測定する際の観測ノイズの影響とも考えられるので、 $\epsilon$ を0または、小さな値として、 $u_j$ の修正量 $\Delta u_j$ を小にする。

以上のようにして、操作量 $u$ を学習しながら決定する。前記した本実施例の特性をシミュレーション試験で確認した。この結果を次に述べる。なお、試験で用いた制御ルールは、625個( $5 \times 5 \times 5 \times 5$ )であった。

第7図に、 $x_1, \dots, x_4$ を一定として試験した結果を示す。学習前(初期値)は、 $\Delta y_1 / \Delta y_{r1}$ の比は約0.2であったが、3回の学習で $\Delta y_1 / \Delta y_{r1}$ がほぼ1となり、ルールの操作量 $u_j$ がその目標値に収束していること、さらに、 $\epsilon$ を $P_k$ に応じて変更する(第4図に示した適応ルールを使用)ことにより、ノイズが印加されても、 $u_j$ が収束することがわかる。

第8図は、 $x_{30}$ と $x_{40}$ を固定して、 $x_{10}$ と $x_{20}$ を変化させながら、操作量 $u_j$ を学習した

ときの結果である。第5図の場合と同様に、 $u_j$ はほぼ目標値に収束することがわかった。なお、ここで、 $\Delta y_1 / \Delta y_{r1}$ が必ずしも1.0にならず変動している理由は、少ないルールで操作量 $u$ を計算した結果、内挿の誤差が生じたためである。 $\Delta y_1 / \Delta y_{r1}$ を1.0に近づけるためには、制御ルールの数を増加すれば良い。

以上述べたように、本実施例によれば、制御量の変化量 $\Delta y_k$ をその目標値 $\Delta y_{rk}$ に一致させるため、制御ルールの操作量 $u_j$ を学習しながら自動的に修正することが可能となる。

なお、本実施例の説明では、制御棒引抜き操作を中心として説明したが、再循環ポンプ速度を変更して発電機出力 $y_1$ を変更することなども、それに対応する運転ルール、制御ルールを用いて実現することは容易である。

本実施例によれば、複数個の制御装置の設定値 $r$ を適切に変更できる間接フィードバック制御方式のプロセス制御装置を提供できる。したがって、従来運転員が行っていた操作を自動化できる。

その結果、運転の省力化、合理化、誤操作防止、プラント起動/停止時間の短縮などを達成できるという効果がある。

なお、上記実施例では、沸騰水形原子力発電プラントの制御棒引抜き操作を中心として説明したが、本発明はこれに限定されることなく、再循環流量制御系の操作、給水流量系の操作、タービン制御系の操作、給水加熱器制御系の操作など各種の制御装置の操作の自動化に適用できる。このように各種の操作を本発明により自動化することにより、運転の省力化、合理化、誤操作防止などを達成できるという効果がある。

また、本発明は、沸騰水形原子力発電プラントに限らず、一般の工業用プラントの自動化に適用できる。その結果、前記と同様な効果がある。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、複数個の制御装置を統括して、制御量の変化量 $\Delta y$ をその目標値 $\Delta y_r$ だけ変更するための操作量 $\Delta f_r$ (設定値の変化量)を学習しながら決定することができる。したがって、従来

運転員が行っていた操作を容易に自動化することが可能となるので、運転の省力化、合理化、誤操作防止などを達成できるという効果がある。

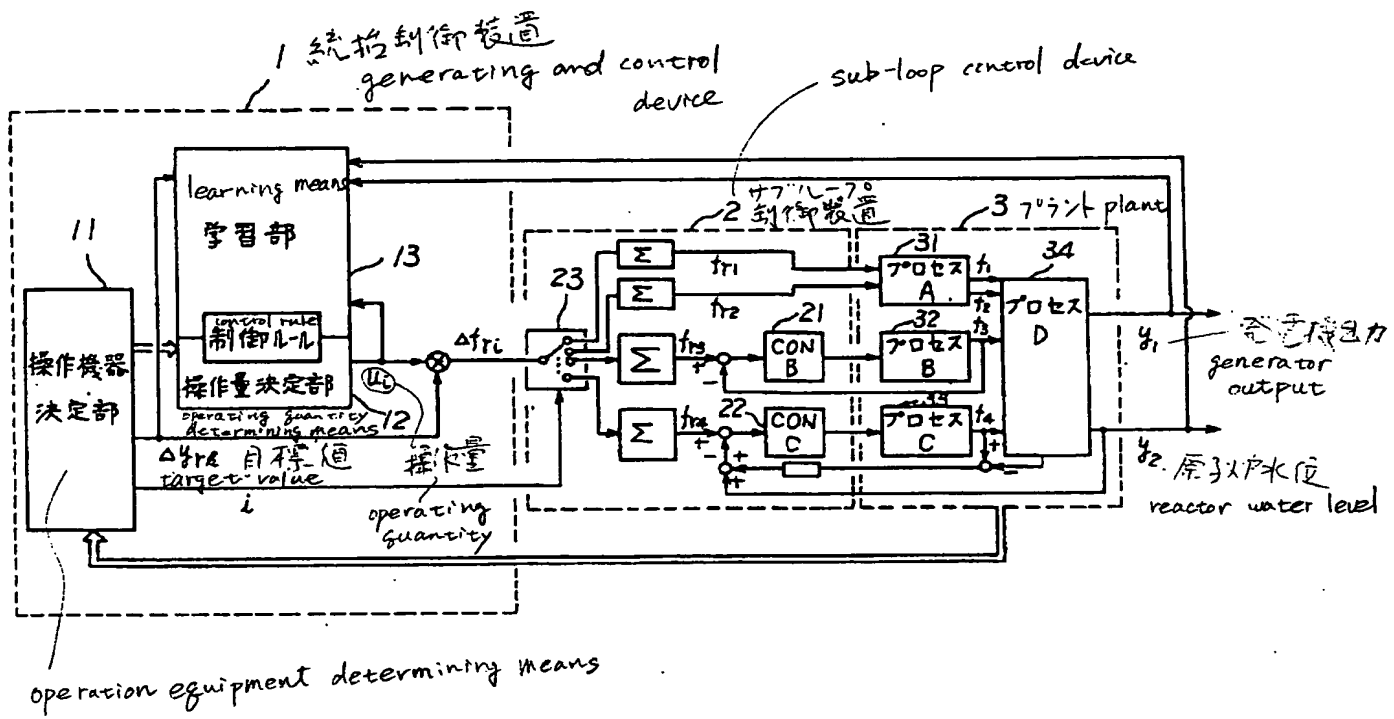
#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の系統図、第2図は従来技術を説明するためのブロック図、第3図～第6図は本発明の一実施例の補足説明図である。

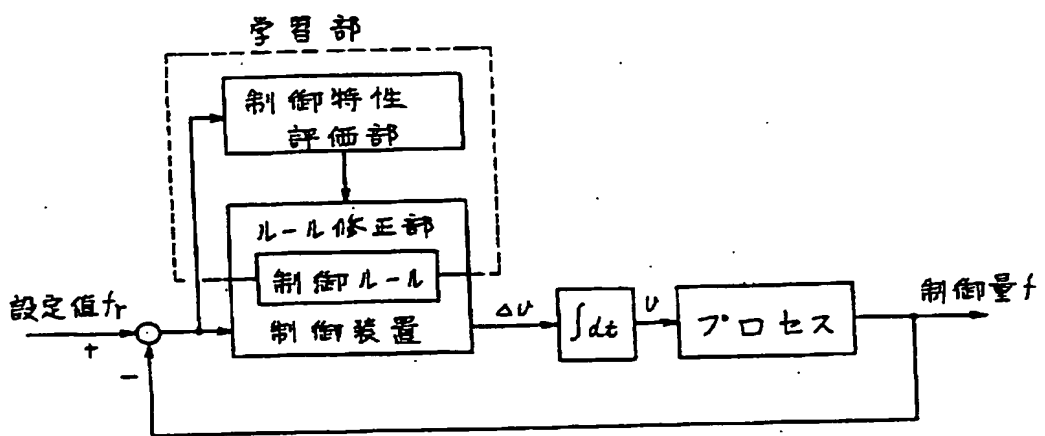
1…統括制御装置、11…操作機器決定部、12…操作量決定部、13…学習部、2…サブループ制御装置。

代理人 弁理士 小川勝男

Fig. 2.  
第 1 図

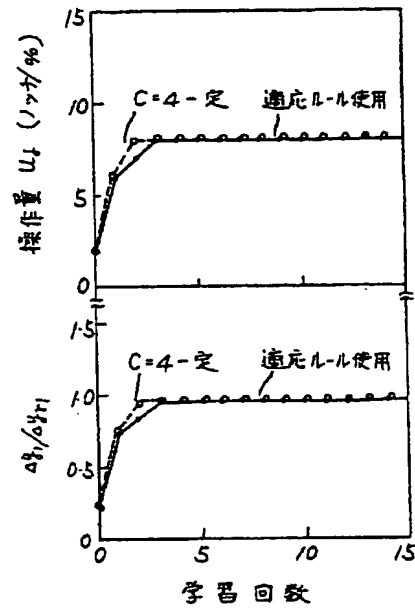


第 2 図



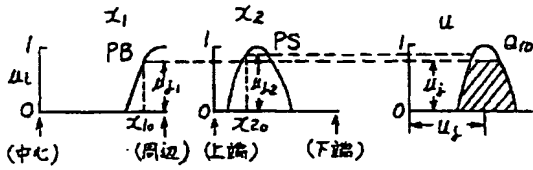
第 5 図

(1)

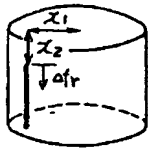


第 3 図

(a)



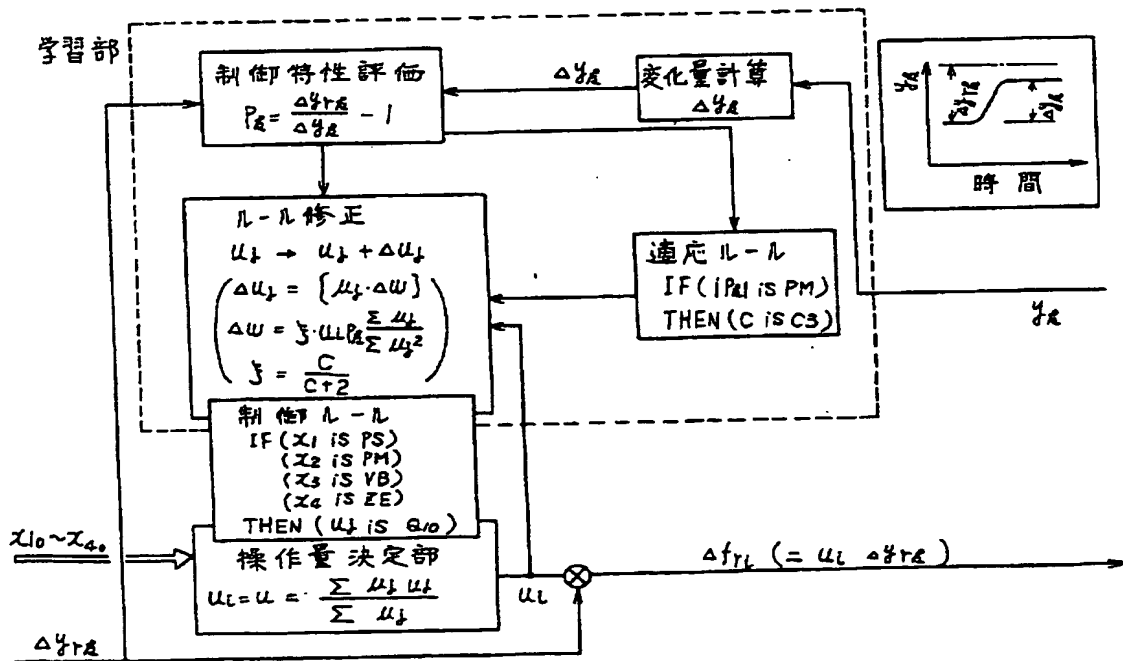
(b)



第 4 図

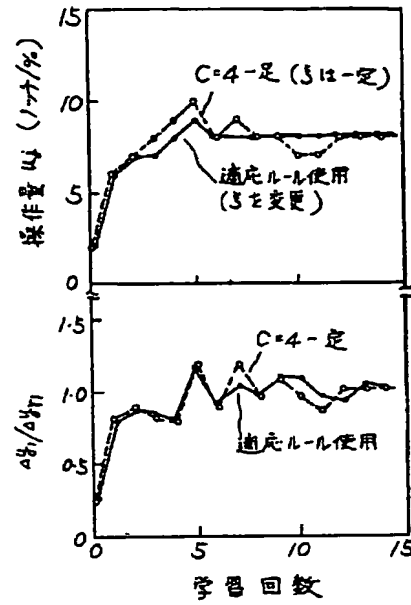
(a)

(b)



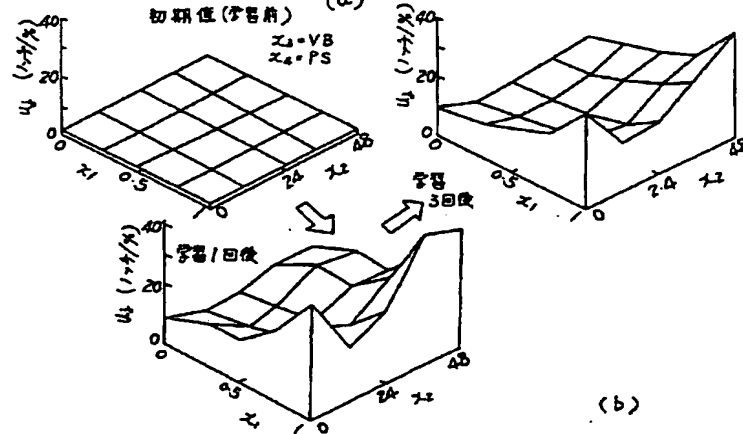
第 5 図

(2)



第 6 図

(a)



(b)

